

DEGRADASI PAVING BLOCK PLASTIK DARI LIMBAH PLASTIK LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) SELAMA PENYIMPANAN

PAVING BLOCK PLASTIC DEGRADATION FROM LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) PLASTIC WASTE DURING STORAGE

Chasri Nurhayati^{1*}

¹Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang, Jalan Perindustrian II, KM.9 No.12 Sukarami, Palembang

*main contributor and corresponding author

e-mail: chasrinurhayati@yahoo.com

Diterima: 18 Februari 2020; Direvisi: 18 Juni 2020; Disetujui: 18 Juni 2020

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah abu sekam padi (ASP) hasil samping industri batu bata dan limbah plastik LDPE untuk menghasilkan *paving blok* plastik yang memenuhi SNI. Model percobaan dalam penelitian menggunakan perlakuan variasi konsentrasi ASP yang terdiri dari A₀ (0%), A₁ (5%), A₂ (10%), A₃ (15%) dan A₄ (20%) untuk masa simpan nol hari dan B₀ (0%), B₁ (5%), B₂ (10%), B₃ (15%) dan B₄ (20%) untuk masa simpan 365 hari. Semua perlakuan diulang sebanyak tiga kali dan pengujian produk sesuai SNI 03-0691-1996, dengan parameter uji sifat tampak, ketebalan, kuat tekan, dan penyerapan air. Hasil pengujian menyimpulkan bahwa penambahan abu sekam padi dan waktu simpan berpengaruh terhadap kuat tekan dan daya serap air, dan tidak berpengaruh terhadap sifat tampak dan ketebalan produk. Kajian efisiensi dan kualitas *paving blok* terbaik memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 mutu D pada perlakuan A₁ dengan ketebalan 62,67 mm, sifat tampak utuh, kuat tekan 92,650 kg/cm² dan daya serap air 0,56%.

Kata kunci: sifat fisik, limbah polyethylene, pengisi, abu sekam padi, masa simpan

Abstract

The aim of this study to determine the effect of the addition of paddy husk ash waste in the brick industry and plastic waste in Low Density Polyethylene (LDPE) to produce plastic paving blocks in accordance SNI standart. The experimental model in the study used variations in the concentration of ash waste consisting of A₀ (0%), A₁ (5%), A₂ (10%), A₃ (15%), and A₄ (20%) includes a shelf life of zero day and B₀ (0%), B₁ (5%), B₂ (10%), B₃ (15%) and B₄ (20%) includes a shelf life of 365 days. All treatments were repeated three times and products testing according to SNI 03-0691-1996 with the test parameters of paving block visibility, thickness, compressive strength and water absorption. The result of the study shows that the addition of paddy husk ash waste and shelf life significantly affected to the compressive strength and water absorption, and did not significantly affect the appearance and thickness of products. Based on the study of efficiency and quality D at SNI 03-0691-1996, the best paving blocks in A₁ treatment with a thickness of 62.67 mm, the properties appear intact with a compressive strength of 92.650 kg/cm² and 0.56% of water absorption, for a shelf life of zero day

Keywords: physical properties, recycled polyethylene, filler, paddy husk ash, shelf life

PENDAHULUAN

Limbah berasal dari kegiatan fasilitas sosial, perkantoran, pasar, pertokoan, jalan raya, rumah tangga dan kegiatan lainnya. Limbah terbesar berasal dari rumah tangga, dengan jumlah terbanyak berupa limbah organik, dan jumlah limbah plastik berada di urutan ke dua (Zheng et al. 2017). Daur ulang limbah plastik sangat penting dilakukan

untuk memastikan ketersediaan bahan plastik pada masa yang akan datang dan mengendalikan pencemaran lingkungan. Pengendalian limbah plastik pada umumnya hanya dibakar atau dimasukkan ke dalam tanah tanpa usaha daur ulang (Nishino et al. 2003)

Limbah plastik yang dibuang dilingkungan terdiri dari 46% polyethylene (HDPE dan LDPE), 16% polypropylen (PP), 16% polystyrene (PS), 7% polyvinyl

chloride (PVC), 5% polyethylene terephthalate (PET) (Wegelin, 2001), 5% acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS), dan 5% polimer-polimer yang lainnya (Vasile and Brebu, 2002). Sejumlah limbah polyethylene (46%) terakumulasi di lingkungan, pembuangannya menimbulkan masalah yang besar dan membutuhkan ribuan tahun untuk proses degradasi (Usha *et al.*, 2011).

Plastik polyethylene dengan density rendah (LDPE) adalah polimer yang terbuat dari monomer rantai panjang ethylena. Limbah LDPE di dunia bertambah 12% dari yang ada setiap tahunnya dan sekitar 140 juta ton polimer sintetik diproduksi setiap tahun (Shimao, 2001 dan Usha *et al.*, 2011).

Selain limbah plastik LDPE, limbah sekam padi di Indonesia cukup besar. Data produksi padi periode Januari–Desember 2018 sebesar 56,54 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Produksi padi menghasilkan limbah sekam padi sebesar 20% (Nair, *et al.*, 2008) dan limbah sekam padi tersebut dibakar, dan menghasilkan abu yang mengandung 87-97% silikon dioksida (SiO_2), berbentuk kristal atau amorf (Yalcin and evinc, 2001). Menurut Hung (2013), ASP mengandung SiO_2 sekitar 95-97%. ASP banyak dipergunakan dalam berbagai aplikasi, seperti untuk industri keramik dan refraktori (Bakr and Breka, 2010), untuk bata merah (Hartono *et al.*, 2015), sebagai sumber silika dalam produksi semen dan beton untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan tinggi (Hung, 2013). Alternatif pemanfaatan limbah LDPE dan ASP tersebut adalah untuk bahan baku pembuatan *paving block* plastik.

Paving block adalah bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal atau beton. Penggunaan *paving block* pada umumnya untuk jalan lingkungan perkotaan karena *paving block* lebih ramah lingkungan dan dapat menyerap air hujan, sehingga *surface run-off* dapat dikurangi (Oyetunji, 2014). Menurutnya 50% trotoar jalan di daerah perkotaan dengan lebar 2

meter menggunakan material bata beton (*paving block*).

Penelitian sejenis telah dilakukan oleh Siswanto *et al.* (2020), tentang pengolahan limbah plastik LDPE dengan mesin pelumer plastik, suhu 250-260°C, dengan hasil pengujian kuat tekan sebesar 11,58 MPa. Penelitian Olale (2015) tentang kuat tekan *paving blok* yang dihasilkan dari percampuran kaolin, *polyethylene* dan pasir, dengan titik leleh dan suhu yang berbeda, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi diperoleh pada perbandingan *polyethylene* 52%, pasir 44% dan kaolin 4% sebesar 21 MPa.

Penelitian Siregar (2016) tentang pembuatan bata beton menggunakan bahan limbah abu boiler dan kerikil sebagai perekat yang mengandung SiO_2 , hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kerikil sebagai agregat sebanyak 20% dan abu boiler 10% dapat menggantikan semen.

Pada penelitian ini bertujuan pemanfaatan abu sekam padi sebagai pengganti silika dan LDPE dengan proses pelelehan sebagai penguat *paving blok* karena LDPE mempunyai daya kristalisasi yang tinggi, sehingga menghasilkan *paving blok* dengan kuat tekan tinggi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi, limbah plastik LDPE.

Peralatan

Alat yang dipergunakan adalah cetakan dengan ukuran 11cm, dengan 6 sisi dan ketebalan 60 cm, tanur dengan pengatur suhu, alat tekan hidrolik kapasitas 200 kg cm^2 serta stopwatch.

Metode

Metode penelitian yang dipergunakan dengan memvariasikan konsentrasi ASP dengan lima perlakuan masa simpan nol hari (A) yang terdiri dari A_0 (0%), A_1 (5%), A_2 (10%), A_3 (15%) dan

A₄ (20%) dan B₀ (0%), B₁ (5%), B₂ (10%), B₃ (15%) dan B₄ (20%) untuk masa simpan 365 hari.

Pengujian produk *paving block* plastik terhadap sifat tampak, ketebalan (mm), kuat tekan (kg/cm²), penyerapan air (%), dan degradasi karakteristik *paving block* plastik untuk masa simpan nol dan 365 hari.

Proses Kerja

Tahapan pada penelitian ini adalah menyiapkan bahan ASP dan limbah plastik LDPE. ASP dilakukan pemisahan dari kotoran dan pengayakan 150 mesh, limbah plastik LDPE yang kotor dicuci dengan air agar tanah yang melekat hilang. Menimbang LDPE sebanyak 2 kg dan ASP sesuai perlakuan, selanjutnya ke dua bahan dilelehkan dengan tanur bersuhu sekitar 120°C selama 15 menit, dicetak pada cetakan baja, dan ditekan dengan alat hidrolik kapasitas 200kg/cm² selama 3-5 menit, hasil pencetakan *paving blok* dikeluarkan dari cetakan dan direndam pada air 8 menit sebelum dilakukan pengujian. Perlakuan komposisi penelitian pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi *paving block* plastik

Perlakuan	LDPE (%)	Abu sekam padi (%)	Masa Simpan (hari)	Suhu (°C)
A ₀	100	0	nol	120
A ₁	95	5	nol	120
A ₂	90	10	nol	120
A ₃	85	15	nol	120
A ₄	80	20	nol	120
B ₀	100	0	365	120
B ₁	95	5	365	120
B ₂	90	10	365	120
B ₃	85	15	365	120
B ₄	80	20	365	120

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan *Paving Block* Plastik

Salah satu bahan tambahan yang dipergunakan dalam pembuatan *paving blok* plastik adalah abu sekam padi (ASP) yang berasal dari pembakaran batu bata di daerah Sukomoro, Banyuasin, Palembang. Hasil pengujian ASP pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian abu sekam padi

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil
1	Kadar air	%	0,28
2	SiO ₂	%	89,94

Produk *Paving Block* Plastik

Pengujian produk *paving block* plastik dilakukan pada masa simpan nol hari dan 365 hari, dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Sifat Tampak

Sifat tampak *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 “Bata Beton (*Paving Block*)” adalah mempunyai bentuk sempurna tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudutnya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Produk *paving blok* masa simpan nol hari.

Hasil pengamatan dari perlakuan A₀, A₁, A₂, A₃ dan A₄ pada masa penyimpanan nol hari dan hasil pengamatan dari perlakuan B₀, B₁, B₂, B₃ dan B₄ untuk masa simpan 365 hari menunjukkan sifat tidak rapuh ini dilakukan secara fisual, sehingga perubahan bentuk tidak terlihat secara significant pada Tabel 3 (Anonim, 1996).

Tabel 3. Hasil pengamatan sifat tampak

Perlakuan	Masa Simpan (hari)	Sifat Tampak
-----------	--------------------	--------------

A ₀	Nol	Tidak rapuh
A ₁	Nol	Tidak rapuh
A ₂	Nol	Tidak rapuh
A ₃	Nol	Tidak rapuh
A ₄	Nol	Tidak rapuh
B ₀	365	Tidak rapuh
B ₁	365	Tidak rapuh
B ₂	365	Tidak rapuh
B ₃	365	Tidak rapuh
B ₄	365	Tidak rapuh

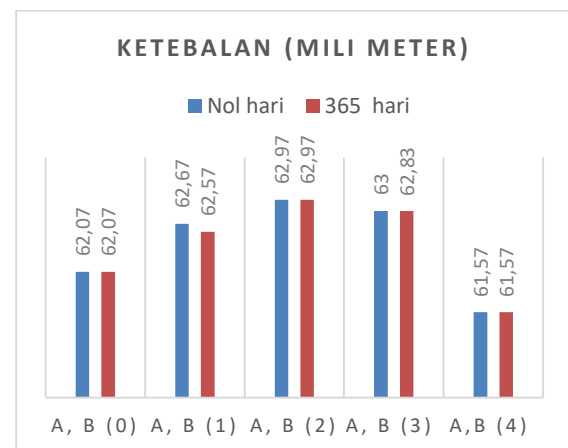
Ketebalan

Menurut SNI 03-0691-1996, ketebalan *paving block* yang umum digunakan adalah 6 cm, diperuntukkan bagi beban lalu lintas dengan frekuensi terbatas, misalnya pejalan kaki dan sepeda motor, ketebalan 8 cm diperuntukkan bagi lalu lintas sedang/berat atau sedang/padat frekuensinya seperti sedan, pick up, truck dan bus, dan ketebalan 10 cm diperuntukkan untuk kendaraan dengan beban lalu lintas super berat yang dikhususkan pada kendaraan/alat-alat berat. Ketebalan produk *paving block* bertoleransi 2 mm untuk ukuran lebar/luar bidang dan 3 mm untuk toleransi tebalnya. Pada Penelitian ini peralatan yang digunakan untuk pembuatan *paving block* adalah cetakan baja dengan ukuran 11 cm, dengan 6 sisi dan ketebalan 60 cm. Ukuran ini merupakan standar yang digunakan untuk pejalan kaki dan sepeda motor.

Pengujian ketebalan *paving block* dari berbagai perlakuan tidak berbeda nyata, terdapat pada Gambar 2. Ketebalan tertinggi terdapat pada perlakuan A₀ (0%) sebesar 62,06 mm dan terendah pada A₄ (20%) sebesar 61,56 mm untuk masa simpan nol hari dan masa simpan 365 hari. Perbedaan hasil pengujian ketebalan dari berbagai perlakuan tidak signifikan, karena hasil ketebalan masih dalam toleransi 60±3 mm (Gambar 2).

Hasil ketebalan ini tidak signifikan karena dalam pembuatan *paving block* menggunakan cetakan yang terbuat dari baja dengan ukuran 11 cm, dengan 6 sisi dan ketebalan 60 mm, dan ditekan dengan peralatan hidrolik kapasitas 200 kg cm².

Hasil uji selama proses penyimpanan tidak ada perubahan ketebalan produk, hal itu disebabkan selama penyimpanan 365 hari plastik *Low Density Polyethylene* belum mengalami peruraian atau degradasi (Hanfi, st. al 2011) sehingga ketebalan *paving block* plastik tidak ada perubahan. Hasil ini didukung oleh penelitian Zufahair *et. al.* (2007), dinyatakan biodegradasi polietilena tipis relatif lebih cepat dan mudah dibandingkan dengan biodegradasi plastik, karena ketebalan polyethylene yang lima kali lebih tipis dari pada plastik (Kathiresan, 2003). Dalam penelitiannya, plastik dibuat film tipis *polyethylene* dengan cara membuat larutan polyethylene ±0,5 g dalam pelarut xylene sebanyak 15 mL, kemudian dicetak ke dalam cetakan kaca yang berukuran 1,5 cm x 1,5 cm. Pada penelitiannya menggunakan film tipis sehingga dapat dilihat hasil biodegradasi oleh bakteri, akan tetapi pada proses penelitian ini ketebalan produk berkisar 60 mm, sehingga hasil uji ketebalan dengan jangka sorong tidak mengalami perubahan.



Gambar 2. Hasil pengujian ketebalan

Kuat Tekan

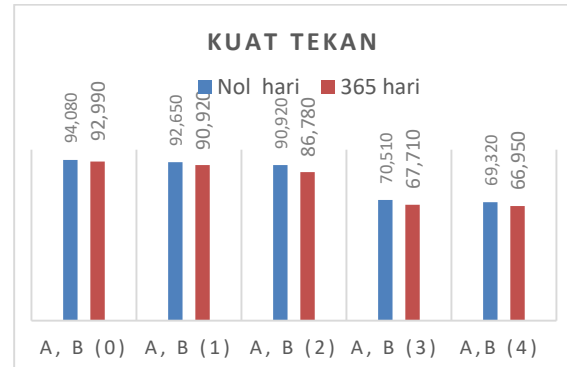
Kuat tekan *paving block* dianalogikan dengan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton/barang hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu dihasilkan oleh mesin uji tekan (Universal Testing Machine) ASTM C936.

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan cara memotong contoh berbentuk kubus dan rusuk-rusuknya, disesuaikan dengan contoh uji, selanjutnya contoh uji ditekan hingga hancur dengan mesin penekan yang dapat diatur kecepatannya selama waktu 1 sampai 2 menit (Jonathan *et.al*, 2017). Hasil pengujian kuat tekan tertinggi pada penyimpanan nol hari terdapat pada perlakuan A_0 (0%) 94,083 kg/cm² dan terendah pada perlakuan A_4 sebesar 69,317 kg/cm².

Hasil pengujian selama penyimpanan 365 hari, hasil pengujian kuat tekan tertinggi terdapat pada perlakuan B_0 (0%) 92,995 Kg/cm², terendah pada perlakuan B_4 (66,945 Kg/cm²).

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin kecil jumlah abu sekam padi yang ditambahkan maka semakin besar kuat tekan *paving block* yang dihasilkan, dengan kata lain bahwa penambahan abu akan mengurangi kuat tekan. Abu sekam padi merupakan silikat yang mengandung 87-97% silikon dioksida amorf (SiO₂) (Yalçın and Evinç 2001). Unsur ini akan meningkatkan kuat tekan untuk bahan baku semen, tetapi akan menurunkan kuat tekan pada polyethylene.

LDPE merupakan plastik yang dihasilkan dari proses polimerisasi etilen menjadi *polyethylene* (Rodiansono *et al*, 2007). LDPE akan meleleh pada suhu minimal 120°C dan senyawa aditif dari plastik multilayer yang mengalami perubahan struktur molekul dari gugus fungsi ester yaitu phthalate yang mempunyai titik lebur 230°C menjadi phenyl naphthalene dan naphthalene. LDPE merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Produk akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110°C (Sacharow dan Griffin, 1980). Polyethylene jenis low density terdapat sedikit cabang pada rantai antara molekulnya yang menyebabkan plastik ini memiliki densitas yang rendah (Harper, 1975). Hasil Pengujian kuat tekan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian kuat tekan

Dari Gambar 3 terlihat bahwa masa simpan mempengaruhi terhadap kuat tekan produk. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada masa simpan nol hari dan terendah pada masa simpan 365 hari. Penyimpanan *paving block* dilakukan dengan cara menyimpan produk pada suhu dan kondisi ruang, dan hasil pengujian menyatakan bahwa perlakuan A_0 dan A_1 menghasilkan kuat tekan memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 dengan Mutu D untuk taman dan penggunaan lainnya dengan persyaratan nilai minimal 8,5 (86,67 Kg/cm²)

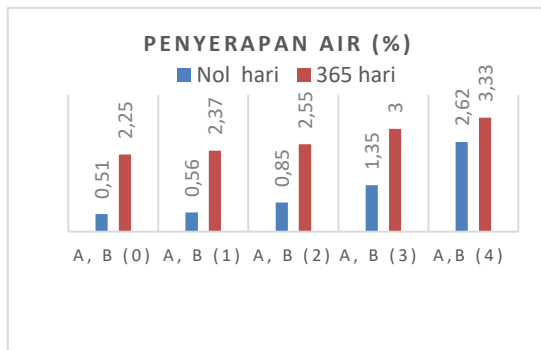
Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan cara merendam contoh uji utuh dalam air hingga jenuh selama 24 jam, ditimbang beratnya dalam keadaan basah, dikeringkan kurang lebih 105°C, dan selisih dari dua kali penimbangan tidak lebih dari 0,2% dari penimbangan pertama (ASTM D570-95).

Hasil pengujian penyerapan air tertinggi pada masa simpan nol hari diperoleh pada perlakuan A_4 (20%) sebesar 2,63% dan penyerapan air terendah pada perlakuan A_0 (0%) sebesar 0,52%. Hasil uji penyerapan air tertinggi pada masa simpan 365 hari diperoleh pada perlakuan B_4 (20%) sebesar 3,38% dan penyerapan air terendah pada perlakuan B_0 (0%) sebesar 2,25%.

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar jumlah ASP yang ditambahkan maka semakin besar daya serap air, dengan kata lain bahwa daya serap air yang tertinggi

terdapat pada perlakuan A₄ dan B₄ (penambahan 20% abu). Penyimpanan selama 365 hari akan meningkatkan daya serap air. Keadaan ini disebabkan sifat *polyethylene* yang tidak tembus air dan tidak larut dalam air pada temperatur dan pada ruang waktu tertentu menyebabkan daya serap air pada produk dengan baku 100% *polyethylene* menghasilkan *paving block* dengan daya serap air rendah. Polyethylene memiliki sifat kristalinitas yang tinggi dan gaya tarik antar molekul yang kuat sehingga kekuatan mekanik yang dimilikinya juga besar (Hanafi *et. al.*, 2011), dan kekuatan mekanik ini dapat memberikan kontribusi pada peningkatan kuat tekan. Selain itu, polyethylene juga memiliki struktur yang tidak berpori (sukar ditembus air) sehingga dapat menurunkan daya serap air pada *paving block*. Hasil pengujian daya serap air terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pengujian penyerapan air

Hasil ini diperkuat dengan Gambar 3, terlihat bahwa masa simpan berpengaruh terhadap kuat tekan produk. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada masa simpan nol dan terendah pada masa simpan 365 hari. LDPE adalah plastik yang terbuat dari minyak bumi dengan rumus molekul $(-CH_2-CH_2-)_n$ dan sangat mudah dibentuk ketika panas. Plastik jenis ini merupakan resin yang keras, kuat dan tidak mudah bereaksi dengan zat kimia lain. Pada umumnya LDPE mempunyai tingkat

resistensi kimia yang sangat baik dan tidak larut pada suhu ruang karena sifat kristalinitasnya (Hambali *et al.* 2013 dan Usha *et al.*, 2011). LDPE mempunyai nilai gravitasi spesifik 0.912–0.94, kristalinitas 50–70%, temperatur leleh 98–120 (°C), kuat tarik (MPa) 15.2–78.6, kuat tekan 55.1–172 (MPa), perpanjangan putus 150–600%, suhu defleksi panas 38–49 (°C at 66 psi), dan densitas 0.910–0.940 g/cm. *Polyethylene* mempunyai kristalinitas yang tinggi dan interaksi antar molekul yang kuat sehingga menghasilkan kuat tekan yang baik (Lasco *et. al.*, 2017; Suharty *et.al*, 2014; Thorneycroft, *et. al.*, 2018).

Adanya sifat kristalinitas LDPE ini menyebabkan hasil penelitian untuk seluruh perlakuan menghasilkan daya serap air belum memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996, sebesar 3-10%.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah plastik LDPE dan penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengisi untuk *paving block* plastik berpengaruh terhadap mutu produk. Penambahan konsentrasi abu sekam padi menurunkan kuat tekan produk dan meningkatkan daya serap air. Masa penyimpanan produk berpengaruh terhadap mutu produk, dan setelah penyimpanan selama 365 hari diperoleh hasil produk yang terbaik untuk perlakuan A₁ dengan ketebalan 62,67 mm, sifat tampak utuh dengan kuat tekan 92,650 Kg/cm² dan daya serap air 0,56%.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh mutu produk terhadap biodegradasi oleh mikroba selama penyimpanan dan pengamatan struktur mikro melalui alat SEM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Syamdian, ST, MSi

selaku Kepala Baristand Industri Palembang yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini serta semua pihak dan instansi yang telah memberikan bantuan dan fasilitas dalam penulisan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D570-95. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics.
- ASTM C936 Standard Specification for Interlocking Pavers
- Badan Pusat Statistik (2018). <https://www.BPS.go.id>, diakses tanggal 27 April 2019.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional), 1996, SNI Bata Beton (*Paving Block*) N0. 03-0691-1996.
- Hambali, M., Lesmania, I, Midkasna, A. (2013). Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya. *Jurnal Teknik Kimia* 4(19): 14-21.
- Hanfi, I., A. Rohani, and M. Razaina. (2011). Effect of soil burial on properties of linear low density polyethylene/thermoplastic sago starch blends. *Pertanika Journal of Science & Technology*. 19(1): 189-197.
- Harper. (1975). *Handbook of Plastic and Elastomer*. Westing House Electric Corporation. Baltimore. Maryland.
- Hartono, R., Elhusna dan Supriani, F. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi (Asp) Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Bata Merah. *Jurnal Inersia* 7(1):23-33.
- Hung, T.D. (2013). Affects of Mass Burning Scales on Properties of Rice Husk Ash as Raw Material to Produce Geopolymer. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. Vol 3: 422-429.
- Jonathan David D., Lasco a, Marish S. Madlangbayan, Marloe B. Sundo. (2017). Compressive Strength and Bulk Density of Concrete Hollow Blocks (CHB) with Polypropylene (PP) Pellets as Partial Replacement for Sand. *Civil Engineering Journal* 3(0): 821-831.
- Lasco, J.D., M. Madlangbayan, and M.B. Sundo. (2017). Compressive Strength and Bulk Density of Concrete Hollow Blocks (CHB) with Polypropylene (PP) Pellets as Partial Replacement for Sand. *Civil Engineering Journal* 3(10): 821-830.
- Nishino, J., Masaaki Itoh, Tadashi Ishinomori Nobuhiko Kubota · Yoshio Uemichi. (2003). Development of a catalytic cracking process for converting waste plastics to petrochemicals. *Journal Mater Cycles Waste Manag* 5: 89–93.
- Nair, D.G., Alex Fraaij, Andri A.K., Klaassen, Arno, P.M. Kentgens. (2008). Structural investigation relating to the pozzolanic activity of rice husk ashes. *Cement and Concrete Research*. 38(6): 861-869.
- Olale. J.O. 2015. Evaluation Of Paving Blocks Made From Polyethylene, Sand and Kaolin. Dedan Kimathi University Of Technology. Award Of Bachelor Of Science Degree In Civil, Nyeri, Kenya
- Oyetunji, O., O. Olaoye, and I. Dada. (2008). Production Of Paving Block From Recycled Polyethylene. *Lautech Journal of Engineering and Technology*, 8(2):182-187.
- Rodiansono, Wega Trisunaryanti dan Triyono, (2007). Preparation, Characterization and Activity Test of NiMo/Z and NiMo/Z-Nb₂O₅ Catalysts for Hydrocracking of Waste Plastic Fraction to Gasoline Fraction, *Berkala MIPA*, 17 (2):43-53.
- Sacharow. S. and R.C. Griffin. (1980). *Principles of Food Packaging*. The AVI Publishing. Co. Inc. Westport. Connecticut.
- Siregar, A , (2016). Komposisi Paving Block Berbasis Limbah Padat Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Bahan Pengganti Semen. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Shimao, M. (2001). *Biodegradation of Plastics*. Curr. Opin. Biotechnol., 12: 242-247.
- Siswanto, R., Ghofur, A. dan Tamjidillah (2020). Pengolahan Limbah Plastik di Wilayah Kelurahan Cempaka, Jakarta Menggunakan Mesin Pelumer Plastik, *Jurnal Teknik Mesin Elemen* 7(1) : 61 - 69.
- Suharty, N.S., Mathialagan, M.; Wirjosentono, B., Firdaus, M. and Wardani, G.K. (2014). Tensile Properties and Biodegradability of Rice Husk Powder-filled Recycled Polypropylene Composites: Effect of Crude Palm Oil and Trimethylolpropane Triacrylate. *Journal of Physical Science*, 25(2):55-71.
- Thorneycroft, J., J.Orr, P.Savoikar, R.J. Ball. (2018). Performance of structural concrete with recycled plastic waste as a partial replacement for sand. *Construction and Building Materials*. 161: 63-69.

- Usha, R., T. Sangeetha, and M.(2014). Palaniswamy, Screening of polyethylene degrading microorganisms from garbage soil. *Libyan Agric Res Cent Journal* **2**(4):. 200-2004.
- Vasile, C. and Brebu. (2002), Solid Waste Treatment by Pyrolysis Methods, *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 1:230-235.
- Wegelin,M., S. Canonica, A. C. Alder, D. Marazuela, M. J. F. Suter, Th. D. Bucheli, O. P. Haefliger, R. Zenobi, K. G. McGuigan, M. T. Kelly, P. Ibrahim and M. Larroque. (2001). Does Sunlight Change the Material and Content of Polyethylene Terephthalate (PET) Bottles.IWA Publishing. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA* 50(3):125:135.
- Yalçın, N. and V. Evinç, (2001). Studies on Silica Obtained from Rice Husk. *Journal Ceramics International* 27(2): 219–224.
- Zheng, Y., Fu Gu, Yanru Ren, Philip Halls and Nicholas J. Milles.(2017). *Improving mechanical properties of recycled polypropylene-based composites using Taguchi and ANOVA techniques*. Procedia CIRP 61: 287-292.
- Zusfahair, Lestari, Ningsih, D.R., Senny Widyaningsih, S. (2007). Biodegradasi Polietilena Menggunakan Bakteri dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Gunung Tugel Kabupaten Banyumas. *Jurnal Molekul* 2(2):98-106.